

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-034189

(43)Date of publication of application : 03.02.1995

---

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C22C 38/60

---

(21)Application number : 05-175743

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 15.07.1993

(72)Inventor : OCHI TATSURO  
KOYASU YOSHIRO  
YANASE MASAHIRO

---

(54) HIGH STRENGTH BAR STEEL EXCELLENT IN MACHINABILITY

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide high strength bar steel having excellent strength as rolled and excellent in machinability as well.

CONSTITUTION: High strength bar steel of  $\geq 80\text{kg/mm}^2$  as rolled excellent in machinability is the one having a compsn. contg. 0.10 to 0.60% C, 0.02 to 4.0% Si, 0.3 to 3.0% Mn, 0.005 to 0.15% S, 0.01 to 0.8% Al and 0.002 to 0.020% N, in which P is reduced, or/and contg. specified amounts of one or  $\geq$ two kinds among Nb, V and Ti, or/and contg. specified amounts of one or two kinds among Cr, Mo and Ni or/and contg. specified amounts of one or two kinds of Ca and Pb, and in which the outer circumferential part has a layer of  $\geq 3\text{mm}$  depth with a mixed structure in which the structural fraction of ferrite is regulated to 10 to 60%, and the balance substantial at least one of martensite and bainite.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-34189

(43) 公開日 平成7年(1995)2月3日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号    | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|---------|--------|-----|--------|
| C 2 2 C 38/00<br>38/60    | 3 0 1 M |        |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)

|           |                 |          |                                             |
|-----------|-----------------|----------|---------------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平5-175743     | (71) 出願人 | 000006655<br>新日本製鐵株式会社<br>東京都千代田区大手町2丁目6番3号 |
| (22) 出願日  | 平成5年(1993)7月15日 | (72) 発明者 | 越智 達朗<br>北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式<br>会社室蘭製鐵所内   |
|           |                 | (72) 発明者 | 子安 善郎<br>北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式<br>会社室蘭製鐵所内   |
|           |                 | (72) 発明者 | 柳瀬 雅人<br>北海道室蘭市仲町12番地 新日本製鐵株式<br>会社室蘭製鐵所内   |
|           |                 | (74) 代理人 | 弁理士 矢野 知之 (外1名)                             |

(54) 【発明の名称】 被削性の優れた高強度棒鋼

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、圧延まで80 kgf/mm<sup>2</sup> 以上の優れた強度を有し、かつ被削性の優れた高強度棒鋼を提供する。

【構成】 C: 0.10~0.60%、Si: 0.02~4.0%、Mn: 0.3~3.0%、S: 0.005~0.15%、Al: 0.01~0.8%、N: 0.002~0.020%を含有し、Pを低減し、または／さらに特定量のNb、V、Tiの1種または2種以上を含有し、または／さらに特定量のCr、Mo、Niの1種または2種を含有し、または／さらに特定量のCa、Pbの1種または2種を含有し、フェライトの組織分率が10~60%で、残部が実質的にマルテンサイトおよびベイナイトの少なくとも1つからなる混合組織である深さ3mm以上の層を外周部に有する被削性の優れた高強度棒鋼。

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 重量比として、

C : 0.10~0.60%、

Si : 0.02~4.0%、

Mn : 0.3~3.0%、

S : 0.005~0.15%、

Al : 0.01~0.08%、

N : 0.002~0.020%、を含有し

P : 0.02%以下に制限し、

残部が鉄および不可避免的不純物からなり、外周部に「フェライトの組織分率が10~60%であり、残部が実質的にマルテンサイトまたは／およびベイナイトからなる混合組織」である深さ3mm以上の層を有する被削性の優れた高強度棒鋼。

## 【請求項2】 さらに、成分が、

Nb : 0.01~0.3%、

V : 0.03~0.7%、

Ti : 0.005~0.05%の1種または2種以上を含有する請求項1記載の被削性の優れた高強度棒鋼。

## 【請求項3】 さらに、成分が、

Cr : 0.05~2.5%、

Mo : 0.05~1.5%、

Ni : 0.1~3.5%の1種または2種以上を含有する請求項1または請求項2記載の被削性の優れた高強度棒鋼。

## 【請求項4】 さらに、成分が、

Ca : 0.0005~0.005%、

Pb : 0.05~0.5%の1種または2種以上を含有する請求項1、2または3記載の被削性の優れた高強度棒鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はシャフト、ピン、ロッド等の軸部品を製作するための素材棒鋼にかかわり、さらに詳しくは、圧延ままで切削される上記軸類部用棒鋼として被削性の優れた高強度棒鋼に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】シャフト、ピン、ロッド等の軸部品は、従来中炭素鋼を用い、切削加工―焼入れ焼戻し（または焼きならし）―仕上げ切削加工（―さらに一部の部品では高周波焼入れ・焼戻し）の工程により製造されている。ここで、焼入れ焼戻しまたは焼きならしは軸部品として必要な強度と延性を確保するために行う処理であるが、低コスト化の視点から焼入れ焼戻しまたは焼きならし処理省略の指向が強い。さらに一方では、近年このような軸部品についても高強度化の指向が強い。

【0003】これに対して、特公昭57-21008号公報には特定成分系の材料を特定条件で圧延する韌性の優れた軸用棒鋼の製造方法が示されている。本方法により80kgf/mm<sup>2</sup> クラスの焼きならし処理省略棒鋼の製造

は可能である。しかしながら、80kgf/mm<sup>2</sup> 以上に強度をアップすると切削が困難になるため、圧延まま材を用いて、現状で実現できる強度の最大は約80kgf/mm<sup>2</sup> である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記した強度80kgf/mm<sup>2</sup> の強度レベルは、軸部品の強度レベルとして十分であるとは言えないのが現状である。本発明の目的は、80kgf/mm<sup>2</sup> 以上の優れた強度を有し、かつ切削加工が可能である被削性の優れた高強度棒鋼を提供しようとするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、被削性の優れた高強度棒鋼を実現するために、鋭意検討を行い、被削性は通常高強度化により低下するが、「組織を軟質相（フェライト）と硬質相（マルテンサイト、ベイナイト）の二相組織」とすることにより、高強度と被削性の両立が可能であるという知見を得た。

【0006】本発明は以上の新規なる知見にもとづいてなされたものであり、本発明の要旨は以下の通りである。重量比として、C : 0.10~0.60%、Si : 0.02~4.0%、Mn : 0.3~3.0%、S : 0.005~0.15%、Al : 0.01~0.08%、N : 0.002~0.020%、を含有しP : 0.02%以下に制限し、または／さらにNb : 0.01~0.3%、V : 0.03~0.7%、Ti : 0.005~0.05%の1種または2種以上を含有し、または／さらにCr : 0.05~2.5%、Mo : 0.05~1.5%、Ni : 0.1~3.5%の1種または2種以上を含有し、または／さらにCa : 0.0005~0.005%、Pb : 0.05~0.5%の1種または2種を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、外周部に「フェライトの組織分率が10~60%であり、残部が実質的にマルテンサイトまたは／およびベイナイトからなる混合組織」である深さ3mm以上の層を有する被削性の優れた高強度棒鋼。

## 【0007】

【作用】以下に、本発明を詳細に説明する。本発明の成分含有範囲を上記の如く限定した理由について説明する。

【0008】まず、Cは強度を増加させるのに有効な元素であるが、0.10%未満では強度が不足し、また0.6%を超えると、延性の劣化を招くため、含有量を0.10~0.60%とした。

【0009】次に、Siは固溶体硬化による強度の増加を図ることを目的としておよび脱酸元素として添加するが、0.02%未満ではその効果は不十分であり、一方、4.0%を超えるとその効果は飽和し、むしろ延性の劣化を招くので、その含有量を0.02~4.0%とした。

【0010】Mnは焼入れ性の向上を目的として添加する。しかしながら、0.30%未満ではこの効果は不十分であり、一方、3.0%を超えるとその効果は飽和し、むしろ延性の劣化を招くので、その含有量を0.3~3.0%とした。

【0011】また、Sは鋼中でMnSとして存在し、組織の微細化および被削性の向上に寄与するが、0.005%未満ではその効果は不十分である。一方、0.15%を超えるとその効果は飽和し、むしろ延性の劣化および異方性の増加を招く。以上の理由から、Sの含有量を0.005~0.15%とした。

【0012】次に、Alは脱酸元素として添加するが、0.01%未満ではその効果は不十分であり、一方、0.08%を超えるとその効果は飽和し、むしろ延性を劣化させるので、その含有量を0.01~0.080%とした。

【0013】さらに、NはAlN等の炭窒化物析出による組織の微細化を目的として添加するが、0.002%未満ではその効果は不十分であり、一方、0.020%超では、その効果は飽和し、むしろ延性の劣化を招くので、その含有量を0.002~0.020%とした。

【0014】一方、Pは鋼中で粒界偏析や中心偏析を起こし、延性劣化の原因となる。特にPが0.02%を超えると延性の劣化が顕著となるため、0.02%を上限とした。

【0015】請求項2は、組織を一層微細化し、圧延までの強硬化を図った鋼材である。Nb、V、Tiは鋼中で炭窒化物を形成し、組織を微細化させる効果を有する。しかしながら、Nb含有量が0.01%未満、V含有量が0.03%未満、Ti含有量が0.005%未満ではその効果は不十分であり、一方、Nb:0.30%超、V:0.70%超、Ti:0.05%超ではその効果は飽和し、むしろ延性を劣化させるので、これらの含有量をNb:0.010~0.3%、V:0.03~0.7%、Ti:0.005~0.05%とした。

【0016】請求項3は、焼入れ性の増加を図り一層の強硬化を図った鋼材である。Cr、Mo、Niは焼入れ性の増加により、圧延まま棒鋼の強度延性を増加させるために添加する。しかしながら、Crの含有量が0.05%未満、Moの含有量が0.05%未満、Niの含有量が0.1%未満ではその効果は不十分であり、一方、Cr:2.5%超、Mo:1.5%超、Ni:3.5%超ではその効果は飽和し、むしろ延性を劣化させるので、これらの含有量をCr:0.05~2.5%、Mo:0.05~1.5%、Ni:0.1~3.5%とした。

【0017】請求項4は、より一層被削性を向上させた鋼材である。本発明鋼では、被削性向上を目的としてCa、Pbの1種または2種を含有させることができる。しかしながら、Ca含有量が0.0005%未満、Pb

含有量が0.05%未満ではその効果は不十分であり、一方、Ca:0.005%超、Pb:0.50%超では、その効果は飽和し、むしろ延性を劣化させるので、これらの含有量をCa:0.0005~0.005%、Pb:0.05~0.5%とした。

【0018】次に本発明では、棒鋼の外周部に「フェライトの組織分率が10~60%であり、残部が実質的にマルテンサイトまたは／およびベイナイトからなる混合組織」である。深さ3mm以上の層を有する。棒鋼の外周部組織を「フェライトの組織分率が10~60%であり、残部が実質的にマルテンサイトまたは／およびベイナイトからなる混合組織」とするのは、軟質相（フェライト）と硬質相（マルテンサイト、ベイナイト）の二相組織とすることにより、高強度と被削性を両立させるためである。フェライトの組織分率が10~60%としたのは、フェライトの組織分率が10%未満では被削性が劣化し、フェライトの組織分率が60%超では強度が不足するためである。また、この二相組織の深さを3mm以上としたのは、3mm未満では高強度と被削性を両立させるのに十分な効果が得られないためである。なお、本発明では、二相組織の深さの上限は規定せず、つまり中心まで本要件を満たす二相組織とすることができる。また、本発明の被削性の優れた高強度棒鋼では、製造のための加熱-圧延条件-冷却条件は特に限定せず、本発明の要件を満足すればいずれの条件でも良い。例えば、棒鋼の外周部に所定の二相組織を得るには、熱間圧延に際して、仕上げ圧延後の冷却過程で、Ar<sub>1</sub>-5℃~Ar<sub>1</sub>+5℃の温度範囲で鋼材表面部を30℃/sec以上の冷却速度で冷却する等の方法があり、また延性向上のためには熱間圧延を仕上げ温度;850~700℃とするのが望ましいが、本発明では製造条件を特に限定せず、本発明の要件を満足すればいずれの条件でも良い。以下に、本発明の効果を実施例により、さらに具体的に示す。

【0019】

【実施例】表1の組成を有する162mm角の鋼片を40mmφの棒鋼に熱間圧延し、冷却途中で水冷（冷却速度:30℃/sec以上）し、表1に示すフェライト分率を有するフェライトと硬質相（マルテンサイト、ベイナイト）の二相組織を得た。この棒鋼について機械的性質および被削性の評価を行った。

【0020】被削性の評価は、超硬旋削性については基材がP20でありTiNでCVDコーティングされた市販の超硬工具を用いて長手外周旋削し、10分切削後の工具逃げ面摩耗幅を測定して行った。試験に先立ち、切削位置の黒皮を旋削で片側0.5mm除去した。切削条件は切削速度150mm/min、送り0.2mm/rev、切り込み2.0mmとし、切削油は用いなかった。また、ドリル穴あけ性はJIS-SKH51で直径3mmのハイスドリルを用い、切削速度を種々変化させて各切削速度における

切削不能になるまでのドリル寿命から切削速度-ドリル寿命曲線を求め、この曲線から寿命穴あけ総深さが1000mmでドリル寿命となる最大切削速度を求め指標とした。ドリル寿命に及ぼす黒皮の影響を排除するため、丸棒の外周表面の黒皮部に幅約5.5mmの平坦部を設けるために、圧延方向に平行に深さ0.2mm研削し、ドリル穴あけはこの面に対して垂直に行った。穴あけ条件は送り0.1mm/rev、穴深さ5mmとし、切削油はスピンドル油を用い、2リットル/分とした。

【0021】さらに、高周波焼入れによって深さ3mmの硬化層を有する軸状試験片を製作し、振り強度を評価した。表2に圧延まま材の機械的性質、被削性の評価結果および高周波焼入れ後の振り強度を示す。

【0022】本発明鋼は圧延まま材でいずれも80kgf/mm<sup>2</sup>以上の優れた引張強度を有し、同時に優れた被削性を有しており、また高周波焼入れにより優れた振り強度を有していることがわかる。

【0023】一方、比較例5, 7, 9は、C, Si, Mnの含有量が本発明の範囲を下回った場合であり、いずれも引張強さが不足している。比較例6, 8, 10, 11, 12, 13, 14はC, Si, Mn, S, Al, N, Pの含有量が本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも伸びが不十分である。比較例24, 25, 26, 55, 56, 57, 81, 82はNb, V, Ti, Cr, Mo, Ni, Ca, Pbの含有量が本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも伸びが不十分である。

【0024】比較例15, 27, 58, 83はフェライトの組織分率が本発明の範囲を下回った場合であり、優れた被削性が得られていない。また、比較例16, 28, 59, 84はフェライトの組織分率が本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも引張強さが不足している。

【0025】

【表1】

表1 (その1)

| 請求項 | 水準 | 区分   | C    | Si   | Mn   | S     | Al    | N      | P     | Nb    | V    | Ti    | Cr | Mo | Ni | Ca | Pb | フェライト組織<br>分率 %<br>(残部ペイナイト<br>マルテンサイト)<br>深さ3mm |
|-----|----|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|------|-------|----|----|----|----|----|--------------------------------------------------|
| 1   | 1  | 本発明鋼 | 0.15 | 3.12 | 2.54 | 0.018 | 0.032 | 0.0062 | 0.011 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 34                                               |
|     | 2  | "    | 0.31 | 2.20 | 1.54 | 0.042 | 0.037 | 0.0086 | 0.008 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 37                                               |
|     | 3  | "    | 0.43 | 0.98 | 1.82 | 0.135 | 0.017 | 0.0152 | 0.009 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 24                                               |
|     | 4  | "    | 0.53 | 0.24 | 0.75 | 0.092 | 0.029 | 0.0096 | 0.014 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 36                                               |
|     | 5  | 比較鋼  | 0.06 | 2.10 | 2.10 | 0.020 | 0.030 | 0.0048 | 0.020 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 52                                               |
|     | 6  | "    | 0.73 | 0.55 | 2.54 | 0.018 | 0.032 | 0.0065 | 0.011 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 48                                               |
|     | 7  | "    | 0.18 | 0.01 | 1.54 | 0.042 | 0.028 | 0.0036 | 0.008 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 39                                               |
|     | 8  | "    | 0.36 | 4.13 | 1.62 | 0.126 | 0.017 | 0.0032 | 0.009 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 19                                               |
|     | 9  | "    | 0.44 | 0.88 | 0.17 | 0.092 | 0.029 | 0.0098 | 0.015 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 31                                               |
|     | 10 | "    | 0.53 | 0.28 | 3.28 | 0.028 | 0.019 | 0.0183 | 0.01  | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 51                                               |
|     | 11 | "    | 0.37 | 2.43 | 1.62 | 0.211 | 0.03  | 0.0144 | 0.014 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 47                                               |
|     | 12 | "    | 0.20 | 1.90 | 1.90 | 0.017 | 0.094 | 0.0087 | 0.017 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 29                                               |
|     | 13 | "    | 0.28 | 1.20 | 1.20 | 0.018 | 0.022 | 0.0270 | 0.018 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 16                                               |
|     | 14 | "    | 0.35 | 2.32 | 2.32 | 0.021 | 0.018 | 0.0145 | 0.029 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 46                                               |
|     | 15 | "    | 0.33 | 2.06 | 1.55 | 0.042 | 0.032 | 0.0036 | 0.009 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 37                                               |
|     | 16 | "    | 0.40 | 1.02 | 1.62 | 0.135 | 0.017 | 0.0152 | 0.006 | -     | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 7                                                |
| 2   | 17 | 本発明鋼 | 0.17 | 1.90 | 2.43 | 0.018 | 0.028 | 0.0062 | 0.011 | 0.052 | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 73                                               |
|     | 18 | "    | 0.53 | 0.28 | 1.54 | 0.038 | 0.037 | 0.0086 | 0.008 | -     | 0.18 | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 30                                               |
|     | 19 | "    | 0.22 | 2.28 | 1.67 | 0.135 | 0.017 | 0.0148 | 0.009 | -     | -    | 0.035 | -  | -  | -  | -  | -  | 28                                               |
|     | 20 | "    | 0.44 | 3.73 | 0.75 | 0.092 | 0.029 | 0.0096 | 0.014 | 0.017 | 0.37 | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 43                                               |
|     | 21 | "    | 0.18 | 2.88 | 1.27 | 0.017 | 0.018 | 0.0043 | 0.017 | 0.031 | -    | 0.019 | -  | -  | -  | -  | -  | 27                                               |
|     | 22 | "    | 0.35 | 1.21 | 2.16 | 0.018 | 0.029 | 0.0065 | 0.011 | -     | 0.18 | 0.024 | -  | -  | -  | -  | -  | 56                                               |
|     | 23 | "    | 0.28 | 2.20 | 0.75 | 0.017 | 0.035 | 0.0087 | 0.017 | 0.014 | 0.13 | 0.022 | -  | -  | -  | -  | -  | 36                                               |
|     | 24 | 比較鋼  | 0.24 | 2.31 | 1.88 | 0.015 | 0.030 | 0.0043 | 0.019 | 0.413 | -    | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 54                                               |
|     | 25 | "    | 0.48 | 3.67 | 0.75 | 0.018 | 0.032 | 0.0083 | 0.011 | -     | 0.86 | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 42                                               |
|     | 26 | "    | 0.18 | 2.83 | 1.29 | 0.021 | 0.028 | 0.0087 | 0.017 | -     | -    | 0.061 | -  | -  | -  | -  | -  | 43                                               |
|     | 27 | "    | 0.51 | 0.23 | 1.53 | 0.038 | 0.035 | 0.0036 | 0.015 | -     | 0.19 | -     | -  | -  | -  | -  | -  | 22                                               |
|     | 28 | "    | 0.20 | 2.67 | 1.27 | 0.019 | 0.018 | 0.0041 | 0.009 | 0.029 | -    | 0.019 | -  | -  | -  | -  | -  | 9                                                |
|     |    |      |      |      |      |       |       |        |       |       |      |       |    |    |    |    |    | 76                                               |
|     |    |      |      |      |      |       |       |        |       |       |      |       |    |    |    |    |    | 54                                               |

【0026】

【表2】

表1 (その2)

| 諸<br>求<br>項 | 水<br>準 | 区<br>分 | C    | Si   | Mn    | S     | Al     | N      | P     | Wb    | V    | Ti    | Cr   | Mo   | Ni   | Ca | Pb | フ<br>ラ<br>イ<br>ト<br>組<br>織<br>分<br>率<br>%<br>(接部ベイナイト<br>マルテンサイト)<br>表層 深さ3mm |
|-------------|--------|--------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|----|----|-------------------------------------------------------------------------------|
| 3           | 29     | 本発明鋼   | 0.46 | 3.46 | 0.77  | 0.017 | 0.026  | 0.0061 | 0.008 | -     | -    | -     | 0.93 | -    | -    | -  | -  | 48 33                                                                         |
| 30          | //     | //     | 0.21 | 2.67 | 1.34  | 0.032 | 0.036  | 0.0036 | 0.008 | -     | -    | -     | -    | 1.25 | -    | -  | -  | 33 21                                                                         |
| 31          | //     | //     | 0.35 | 1.21 | 2.03  | 0.135 | 0.016  | 0.0148 | 0.003 | -     | -    | -     | -    | -    | 3.06 | -  | -  | 28 16                                                                         |
| 32          | //     | //     | 0.52 | 0.26 | 1.54  | 0.090 | 0.029  | 0.0096 | 0.014 | -     | -    | -     | 1.24 | 0.15 | -    | -  | -  | 45 35                                                                         |
| 33          | //     | //     | 0.22 | 2.13 | 1.87  | 0.017 | 0.029  | 0.0043 | 0.019 | -     | -    | -     | 0.47 | -    | 1.96 | -  | -  | 44 34                                                                         |
| 34          | //     | //     | 0.43 | 3.24 | 0.75  | 0.018 | 0.021  | 0.0063 | 0.011 | -     | -    | -     | -    | 0.75 | 1.98 | -  | -  | 35 28                                                                         |
| 35          | //     | //     | 0.21 | 2.83 | 1.27  | 0.017 | 0.032  | 0.0057 | 0.010 | -     | -    | -     | 1.04 | 0.21 | 0.88 | -  | -  | 38 25                                                                         |
| 36          | //     | //     | 0.33 | 1.21 | 2.16  | 0.042 | 0.037  | 0.0036 | 0.006 | 0.028 | -    | -     | 1.37 | -    | -    | -  | -  | 48 37                                                                         |
| 37          | //     | //     | 0.30 | 1.12 | 0.75  | 0.135 | 0.019  | 0.0148 | 0.009 | -     | 0.24 | -     | 0.43 | -    | -    | -  | -  | 33 21                                                                         |
| 38          | //     | //     | 0.16 | 3.02 | 2.44  | 0.018 | 0.030  | 0.0062 | 0.011 | -     | 0.17 | -     | -    | 0.43 | -    | -  | -  | 28 17                                                                         |
| 39          | //     | //     | 0.31 | 2.12 | 1.54  | 0.042 | 0.037  | 0.0036 | 0.006 | -     | -    | 0.032 | -    | 0.72 | -    | -  | -  | 46 33                                                                         |
| 40          | //     | //     | 0.43 | 0.98 | 1.28  | 0.114 | 0.017  | 0.0143 | 0.009 | 0.248 | -    | -     | -    | -    | 2.86 | -  | -  | 54 43                                                                         |
| 41          | //     | //     | 0.50 | 0.24 | 0.75  | 0.092 | 0.024  | 0.0036 | 0.014 | 0.121 | -    | -     | 0.59 | 0.41 | -    | -  | -  | 53 41                                                                         |
| 42          | //     | //     | 0.35 | 1.12 | 2.16  | 0.018 | 0.023  | 0.0062 | 0.011 | -     | 0.13 | -     | 1.04 | 0.20 | -    | -  | -  | 45 38                                                                         |
| 43          | //     | //     | 0.53 | 0.26 | 1.59  | 0.038 | 0.031  | 0.0036 | 0.008 | 0.031 | 0.07 | -     | 0.87 | 0.31 | -    | -  | -  | 42 30                                                                         |
| 44          | //     | //     | 0.27 | 2.06 | 1.87  | 0.135 | 0.018  | 0.0148 | 0.009 | -     | -    | 0.024 | 1.45 | 0.86 | -    | -  | -  | 47 35                                                                         |
| 45          | //     | //     | 0.43 | 3.38 | 0.75  | 0.092 | 0.029  | 0.0088 | 0.014 | -     | 0.15 | 0.015 | 1.08 | 0.16 | -    | -  | -  | 45 34                                                                         |
| 46          | //     | //     | 0.19 | 2.72 | 1.27  | 0.017 | 0.028  | 0.0038 | 0.018 | 0.152 | -    | -     | 0.83 | -    | 2.96 | -  | -  | 38 27                                                                         |
| 47          | //     | //     | 0.38 | 1.21 | 2.16  | 0.015 | 0.028  | 0.0065 | 0.011 | -     | 0.21 | 0.009 | 1.15 | -    | 1.67 | -  | -  | 49 36                                                                         |
| 48          | //     | //     | 0.28 | 2.20 | 0.75  | 0.018 | 0.032  | 0.0056 | 0.011 | 0.085 | -    | -     | -    | 0.84 | 1.85 | -  | -  | 53 40                                                                         |
| 49          | //     | //     | 0.21 | 1.90 | 2.43  | 0.038 | 0.037  | 0.0036 | 0.008 | -     | 0.53 | -     | -    | 0.43 | 1.62 | -  | -  | 41 29                                                                         |
| 50          | //     | //     | 0.53 | 0.26 | 1.54  | 0.121 | 0.017  | 0.0148 | 0.009 | 0.103 | -    | 0.014 | -    | 1.15 | 2.03 | -  | -  | 29 18                                                                         |
| 51          | //     | //     | 0.28 | 2.24 | 1.67  | 0.092 | 0.029  | 0.0084 | 0.014 | 0.027 | 0.12 | 0.008 | -    | 0.54 | 0.96 | -  | -  | 34 21                                                                         |
| 52          | //     | //     | 0.47 | 3.64 | 0.75  | 0.017 | 0.027  | 0.0034 | 0.017 | 0.035 | -    | -     | 0.84 | 0.43 | 0.56 | -  | -  | 43 30                                                                         |
| 53          | //     | //     | 0.19 | 2.74 | 1.27  | 0.018 | 0.029  | 0.0085 | 0.011 | -     | 0.19 | -     | 0.41 | 0.27 | 2.31 | -  | -  | 51 40                                                                         |
| 54          | //     | //     | 0.35 | 1.05 | 2.13  | 0.018 | 0.032  | 0.0062 | 0.011 | 0.026 | 0.13 | 0.021 | 1.24 | 0.12 | 1.08 | -  | -  | 37 28                                                                         |
| 55          | 比較鋼    | 0.22   | 2.23 | 1.67 | 0.083 | 0.029 | 0.0091 | 0.014  | -     | -     | -    | -     | 3.24 | -    | -    | -  | -  | 46 32                                                                         |
| 56          | //     | 0.45   | 3.73 | 0.75 | 0.018 | 0.027 | 0.0062 | 0.011  | -     | -     | -    | -     | -    | 2.31 | -    | -  | -  | 49 37                                                                         |
| 57          | //     | 0.19   | 2.86 | 1.24 | 0.038 | 0.033 | 0.0038 | 0.008  | -     | -     | -    | -     | -    | -    | 4.18 | -  | -  | 54 43                                                                         |
| 58          | //     | 0.48   | 3.05 | 0.87 | 0.018 | 0.028 | 0.0063 | 0.009  | -     | -     | -    | -     | 1.04 | -    | -    | -  | -  | 0 0                                                                           |
| 59          | //     | 0.20   | 2.83 | 1.25 | 0.017 | 0.035 | 0.0057 | 0.011  | -     | -     | -    | -     | 1.01 | 0.21 | 0.82 | -  | -  | 80 68                                                                         |

[0027]

[表3]

表1 (その3)

| 請求項 | 水準 | 区分   | C    | Si   | Mn   | S     | Al    | N      | P     | Nb    | V    | Ti    | Cr   | Mo   | Ni   | Ca     | Pb   | フェライト組織<br>分率 %<br>(残部ペイナイト<br>マルテンサイト)<br>範囲 長さ3mm |
|-----|----|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|------|------|--------|------|-----------------------------------------------------|
| 4   | 80 | 本発明鋼 | 0.36 | 1.21 | 0.75 | 0.018 | 0.021 | 0.0043 | 0.016 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | 0.0024 | -    | 51 38                                               |
|     | 61 | //   | 0.57 | 0.26 | 1.27 | 0.038 | 0.033 | 0.0065 | 0.011 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | -      | 0.12 | 32 19                                               |
|     | 62 | //   | 0.22 | 2.26 | 2.17 | 0.135 | 0.017 | 0.0082 | 0.011 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | 0.0033 | 0.14 | 36 23                                               |
|     | 63 | //   | 0.45 | 3.38 | 1.54 | 0.092 | 0.028 | 0.0036 | 0.008 | 0.063 | -    | -     | -    | -    | -    | 0.0028 | -    | 37 26                                               |
|     | 64 | //   | 0.23 | 2.86 | 1.67 | 0.017 | 0.031 | 0.0152 | 0.009 | -     | 0.37 | -     | -    | -    | -    | -      | 0.26 | 35 20                                               |
|     | 65 | //   | 0.35 | 1.21 | 0.72 | 0.018 | 0.029 | 0.0082 | 0.011 | -     | -    | 0.018 | -    | -    | -    | 0.0024 | 0.2  | 21 14                                               |
|     | 66 | //   | 0.28 | 2.38 | 1.27 | 0.018 | 0.032 | 0.0036 | 0.008 | 0.026 | 0.19 | -     | -    | -    | -    | 0.0008 | 0.09 | 41 29                                               |
|     | 67 | //   | 0.15 | 2.97 | 2.18 | 0.044 | 0.037 | 0.0134 | 0.009 | -     | -    | -     | 0.85 | -    | -    | -      | 0.31 | 46 33                                               |
|     | 68 | //   | 0.28 | 1.98 | 0.75 | 0.135 | 0.017 | 0.0096 | 0.014 | -     | -    | -     | 1.21 | -    | -    | 0.0029 | 0.11 | 53 40                                               |
|     | 69 | //   | 0.43 | 0.98 | 2.48 | 0.018 | 0.032 | 0.0062 | 0.011 | -     | -    | -     | 0.87 | 0.27 | -    | 0.0022 | -    | 56 41                                               |
|     | 70 | //   | 0.53 | 0.24 | 1.46 | 0.042 | 0.029 | 0.0035 | 0.008 | -     | -    | -     | 0.97 | 0.16 | -    | 0.0037 | 0.23 | 43 30                                               |
|     | 71 | //   | 0.35 | 1.12 | 1.62 | 0.135 | 0.017 | 0.0148 | 0.009 | -     | -    | -     | 0.39 | 0.68 | 3.15 | -      | 0.28 | 36 23                                               |
|     | 72 | //   | 0.50 | 0.26 | 0.77 | 0.092 | 0.028 | 0.0096 | 0.014 | 0.054 | -    | -     | 1.03 | -    | -    | -      | 0.08 | 46 35                                               |
|     | 73 | //   | 0.26 | 2.16 | 2.16 | 0.018 | 0.024 | 0.0043 | 0.017 | -     | 0.53 | -     | 0.67 | -    | -    | 0.0031 | -    | 39 30                                               |
|     | 74 | //   | 0.44 | 3.12 | 1.54 | 0.038 | 0.034 | 0.0085 | 0.011 | 0.028 | -    | -     | 1.12 | 0.16 | -    | -      | 0.31 | 52 40                                               |
|     | 76 | //   | 0.19 | 2.27 | 1.67 | 0.125 | 0.018 | 0.0062 | 0.011 | 0.041 | -    | -     | 0.38 | 1.24 | -    | 0.0029 | 0.28 | 49 36                                               |
|     | 76 | //   | 0.38 | 1.12 | 0.59 | 0.092 | 0.029 | 0.0032 | 0.008 | 0.018 | 0.29 | -     | 0.46 | 0.38 | -    | 0.0026 | 0.37 | 55 42                                               |
|     | 77 | //   | 0.28 | 2.12 | 1.27 | 0.018 | 0.021 | 0.0134 | 0.009 | -     | 0.39 | -     | 0.85 | -    | 2.46 | 0.0048 | 0.21 | 38 23                                               |
|     | 78 | //   | 0.17 | 1.90 | 1.92 | 0.018 | 0.029 | 0.0096 | 0.014 | 0.067 | 0.12 | -     | 0.74 | 0.19 | 0.96 | -      | 0.31 | 41 30                                               |
|     | 79 | //   | 0.50 | 0.28 | 0.75 | 0.015 | 0.032 | 0.0043 | 0.018 | 0.028 | 0.53 | -     | 1.25 | 0.23 | 0.54 | 0.0024 | 0.21 | 43 29                                               |
|     | 80 | //   | 0.24 | 1.93 | 2.43 | 0.038 | 0.032 | 0.0086 | 0.011 | 0.034 | 0.37 | 0.021 | 0.35 | 0.97 | 1.26 | 0.0037 | 0.14 | 38 25                                               |
|     | 81 | 比較鋼  | 0.23 | 2.14 | 1.54 | 0.132 | 0.017 | 0.0082 | 0.011 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | 0.0053 | -    | 51 38                                               |
|     | 82 | //   | 0.26 | 2.27 | 2.27 | 0.013 | 0.019 | 0.0050 | 0.016 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | -      | 0.66 | 40 29                                               |
|     | 83 | //   | 0.53 | 0.26 | 1.21 | 0.038 | 0.031 | 0.0065 | 0.014 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | -      | 0.13 | 0 0                                                 |
|     | 84 | //   | 0.22 | 2.21 | 2.17 | 0.132 | 0.017 | 0.0052 | 0.011 | -     | -    | -     | -    | -    | -    | 0.0026 | 0.14 | 76 62                                               |

[0028]

[表4]



表2 (その1)

| 請求項 | 水準 | 区分   | 引張強さ<br>kgf/mm <sup>2</sup> | 伸び<br>% | 被 削 性          |                  | IQT後の<br>振り強度<br>kgf/mm <sup>2</sup> |
|-----|----|------|-----------------------------|---------|----------------|------------------|--------------------------------------|
|     |    |      |                             |         | 超硬旋削<br>工具摩耗*1 | ハイスドリル<br>寿命速度*2 |                                      |
| 1   | 1  | 本発明鋼 | 113                         | 27      | 240            | 19.6             | 109                                  |
|     | 2  | 本発明鋼 | 101                         | 28      | 161            | 32.6             | 142                                  |
|     | 3  | 本発明鋼 | 102                         | 28      | 117            | 48.8             | 167                                  |
|     | 4  | 本発明鋼 | 88                          | 30      | 114            | 51.0             | 188                                  |
|     | 5  | 比較鋼  | 64                          | 36      | 131            | 42.4             | 90                                   |
|     | 6  | 比較鋼  | 122                         | 17      | 348            | 13.2             | 159                                  |
|     | 7  | 比較鋼  | 77                          | 33      | 142            | 38.3             | 115                                  |
|     | 8  | 比較鋼  | 129                         | 16      | 221            | 21.7             | 153                                  |
|     | 9  | 比較鋼  | 73                          | 34      | 120            | 47.6             | 170                                  |
|     | 10 | 比較鋼  | 117                         | 20      | 310            | 14.1             | 168                                  |
|     | 11 | 比較鋼  | 111                         | 16      | 129            | 43.2             | 155                                  |
|     | 12 | 比較鋼  | 93                          | 20      | 192            | 26.0             | 119                                  |
|     | 13 | 比較鋼  | 86                          | 19      | 172            | 30.0             | 129                                  |
|     | 14 | 比較鋼  | 122                         | 15      | 330            | 12.8             | 120                                  |
|     | 15 | 比較鋼  | 125                         | 25      | 648            | 3.2              | 146                                  |
|     | 16 | 比較鋼  | 69                          | 34      | 123            | 46.2             | 161                                  |
| 2   | 17 | 本発明鋼 | 100                         | 28      | 216            | 22.3             | 113                                  |
|     | 18 | 本発明鋼 | 110                         | 27      | 241            | 19.5             | 188                                  |
|     | 19 | 本発明鋼 | 95                          | 30      | 133            | 41.8             | 124                                  |
|     | 20 | 本発明鋼 | 119                         | 26      | 217            | 22.3             | 169                                  |
|     | 21 | 本発明鋼 | 90                          | 30      | 183            | 27.6             | 118                                  |
|     | 22 | 本発明鋼 | 113                         | 27      | 291            | 15.2             | 151                                  |
|     | 23 | 本発明鋼 | 87                          | 30      | 175            | 29.2             | 136                                  |
|     | 24 | 比較鋼  | 97                          | 20      | 209            | 23.3             | 128                                  |
|     | 25 | 比較鋼  | 120                         | 18      | 318            | 13.3             | 177                                  |
|     | 26 | 比較鋼  | 89                          | 21      | 178            | 28.7             | 115                                  |
|     | 27 | 比較鋼  | 108                         | 27      | 671            | 2.8              | 174                                  |
|     | 28 | 比較鋼  | 71                          | 34      | 166            | 31.4             | 120                                  |

[0029]

[表5]

表2 (その2)

| 請求項 | 水準 | 区分   | 引張強さ<br>kgf/mm <sup>2</sup> | 伸び<br>% | 被 削 性          |                  | IQT後の<br>振り強度<br>kgf/mm <sup>2</sup> |
|-----|----|------|-----------------------------|---------|----------------|------------------|--------------------------------------|
|     |    |      |                             |         | 超硬旋削<br>工具摩耗*1 | ハイスドリル<br>寿命速度*2 |                                      |
| 3   | 29 | 本発明鋼 | 117                         | 27      | 333            | 12.8             | 173                                  |
|     | 30 | 本発明鋼 | 112                         | 27      | 261            | 17.5             | 121                                  |
|     | 31 | 本発明鋼 | 104                         | 27      | 147            | 36.6             | 150                                  |
|     | 32 | 本発明鋼 | 118                         | 27      | 215            | 22.6             | 185                                  |
|     | 33 | 本発明鋼 | 104                         | 28      | 236            | 20.0             | 123                                  |
|     | 34 | 本発明鋼 | 122                         | 25      | 353            | 14.0             | 167                                  |
|     | 35 | 本発明鋼 | 119                         | 25      | 310            | 14.6             | 122                                  |
|     | 36 | 本発明鋼 | 121                         | 26      | 309            | 14.1             | 146                                  |
|     | 37 | 本発明鋼 | 91                          | 29      | 128            | 43.5             | 141                                  |
|     | 38 | 本発明鋼 | 125                         | 26      | 372            | 12.0             | 111                                  |
|     | 39 | 本発明鋼 | 112                         | 26      | 245            | 19.0             | 142                                  |
|     | 40 | 本発明鋼 | 96                          | 29      | 142            | 38.2             | 167                                  |
|     | 41 | 本発明鋼 | 105                         | 28      | 173            | 29.8             | 182                                  |
|     | 42 | 本発明鋼 | 117                         | 26      | 331            | 13.0             | 151                                  |
|     | 43 | 本発明鋼 | 121                         | 26      | 319            | 13.6             | 188                                  |
|     | 44 | 本発明鋼 | 125                         | 25      | 198            | 25.0             | 134                                  |
|     | 45 | 本発明鋼 | 124                         | 26      | 240            | 19.5             | 167                                  |
|     | 46 | 本発明鋼 | 108                         | 28      | 256            | 18.0             | 117                                  |
|     | 47 | 本発明鋼 | 123                         | 26      | 381            | 12.3             | 157                                  |
|     | 48 | 本発明鋼 | 93                          | 29      | 192            | 26.0             | 136                                  |
|     | 49 | 本発明鋼 | 120                         | 26      | 309            | 14.1             | 122                                  |
|     | 50 | 本発明鋼 | 113                         | 27      | 173            | 29.7             | 188                                  |
|     | 51 | 本発明鋼 | 112                         | 27      | 191            | 26.3             | 131                                  |
|     | 52 | 本発明鋼 | 123                         | 26      | 371            | 12.4             | 175                                  |
|     | 53 | 本発明鋼 | 109                         | 27      | 266            | 17.2             | 117                                  |
|     | 54 | 本発明鋼 | 119                         | 26      | 354            | 11.9             | 150                                  |
|     | 55 | 比較鋼  | 124                         | 16      | 253            | 18.3             | 124                                  |
|     | 56 | 比較鋼  | 125                         | 18      | 457            | 8.6              | 167                                  |
|     | 57 | 比較鋼  | 90                          | 22      | 168            | 24.8             | 117                                  |
|     | 58 | 比較鋼  | 137                         | 24      | 517            | 3.1              | 173                                  |
|     | 59 | 比較鋼  | 65                          | 36      | 175            | 29.2             | 120                                  |

[0030]

[表6]

表2 (その3)

| 請求項 | 水準 | 区分   | 引張強さ<br>kgf/mm <sup>2</sup> | 伸び<br>% | 被 削 性          |                  | IQT後の<br>振り強度<br>kgf/mm <sup>2</sup> |
|-----|----|------|-----------------------------|---------|----------------|------------------|--------------------------------------|
|     |    |      |                             |         | 超硬旋削<br>工具摩耗*1 | ハイスドリル<br>寿命速度*2 |                                      |
| 4   | 60 | 本発明鋼 | 86                          | 31      | 172            | 30.0             | 153                                  |
|     | 61 | 本発明鋼 | 103                         | 28      | 136            | 40.5             | 196                                  |
|     | 62 | 本発明鋼 | 104                         | 27      | 105            | 50.2             | 123                                  |
|     | 63 | 本発明鋼 | 124                         | 26      | 240            | 19.5             | 172                                  |
|     | 64 | 本発明鋼 | 115                         | 26      | 114            | 50.5             | 126                                  |
|     | 65 | 本発明鋼 | 86                          | 31      | 102            | 51.2             | 150                                  |
|     | 66 | 本発明鋼 | 101                         | 28      | 155            | 34.3             | 136                                  |
|     | 67 | 本発明鋼 | 119                         | 26      | 101            | 52.1             | 109                                  |
|     | 68 | 本発明鋼 | 108                         | 27      | 115            | 49.9             | 136                                  |
|     | 69 | 本発明鋼 | 121                         | 26      | 332            | 12.8             | 167                                  |
|     | 70 | 本発明鋼 | 127                         | 25      | 129            | 43.4             | 188                                  |
|     | 71 | 本発明鋼 | 115                         | 26      | 92             | 53.0             | 150                                  |
|     | 72 | 本発明鋼 | 109                         | 27      | 140            | 39.0             | 182                                  |
|     | 73 | 本発明鋼 | 120                         | 25      | 318            | 13.3             | 129                                  |
|     | 74 | 本発明鋼 | 122                         | 26      | 105            | 51.1             | 169                                  |
|     | 75 | 本発明鋼 | 121                         | 26      | 93             | 52.3             | 117                                  |
|     | 76 | 本発明鋼 | 103                         | 28      | 78             | 54.0             | 153                                  |
|     | 77 | 本発明鋼 | 125                         | 26      | 143            | 37.9             | 136                                  |
|     | 78 | 本発明鋼 | 114                         | 27      | 103            | 54.2             | 113                                  |
|     | 79 | 本発明鋼 | 119                         | 26      | 135            | 41.0             | 181                                  |
|     | 80 | 本発明鋼 | 125                         | 25      | 167            | 31.1             | 127                                  |
|     | 81 | 比較鋼  | 92                          | 20      | 130            | 41.8             | 126                                  |
|     | 82 | 比較鋼  | 111                         | 14      | 63             | 55.0             | 132                                  |
|     | 83 | 比較鋼  | 97                          | 28      | 627            | 4.2              | 175                                  |
|     | 84 | 比較鋼  | 64                          | 36      | 124            | 43.7             | 123                                  |

\*1: 10min 切削後の工具逃げ面摩耗幅 VB (μm)

\*2: 総穴深さ1000mmでドリル寿命にいたる最大切削速度 (m/min)

【0031】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明法を用い  
ば、シャフト、ピン、ロッド等の軸部品を製作するた  
めの素材棒鋼として、80 kgf/mm<sup>2</sup> 以上の優れた強度を有 40

し、かつ切削加工が可能である被削性の優れた高強度棒  
鋼が得られ、産業上の効果は極めて顕著なるものがあ  
る。